Studien

über die

Absorptionsfähigkeit der Bodenarten.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doctorwürde

vorgelegt der

hohen philosophischen Facultät

der

Universität Erlangen

von

O. Baumgarten.

München 1889.

M. Rieger'sche Universitäts-Buchhandlung

(Gustav Himmer.)

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546420_0010

Studien

über die

Absorptionsfähigkeit der Bodenarten.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doctorwürde

vorgelegt der

hohen philosophischen Facultät

der

Universität Erlangen

von

O. Baumgarten.

München 1889.

M. Rieger'sche Universitäts-Buchhandlung

(Gustav Himmer.)

Vorliegende Arbeit wurde im Pharmaceutischen Institute und Laboratorium für angewandte Chemie der Universität Erlangen unter Leitung von Professor Dr. A. Hilger ausgeführt.

Von allen chemisch-physikalischen Eigenschaften der Ackererde verdient wohl die Absorptionsfähigkeit derselben, welche auf die Vegetation einen so bedeutenden Einfluss ausübt, vor Allem die eingehendste Berücksichtigung und verlangt, wenngleich reiche Erfahrung auf diesem Gebiete vorliegt, zur weiteren Ausbildung weitere Experimentalstudien.

Um in dieser Richtung einen Beitrag zu liefern, wurde eine Arbeit auf Veranlassung von Herrn Professor Dr. Hilger begonnen, deren Resultate ich mir in Folgendem vorzulegen erlaube.

Bekanntlich versteht man unter Absorption die Eigenschaft der Ackererde, aus Lösungen von Pflanzennährstoffen die letzteren in der Weise aufzunehmen und zu binden, dass dieselben der Erde durch reines Wasser nicht mehr entzogen werden können.

Besässe die Ackererde dieses Absorptionsvermögen nicht, so würden in den Boden gelangte Pflanzennährstoffe vom Wasser gelöst und fortgeschwemmt werden; die einzelnen Mineralstoffe würden von dem eindringenden Regenwasser immer mehr ausgelaugt und die Vegetation ginge zu Grunde.

Dadurch, dass die Absorption diese Pflanzennährstoffe unlöslich macht und somit vor dem Auswaschen schützt, macht sie eine wirksame Düngung möglich und wird für die Fruchtbarkeit von höchster Bedeutung.

Für die letztere ist es im hohen Grade wichtig, dass der Boden gerade die kräftigsten Nährmittel, wie Kali, Ammoniak, Phosphorsäure, welche die Existenz der Pflanzen bedingen und desshalb dem Boden in Gestalt von Düngemitteln geboten werden, am stärksten absorbirt und dadurch für die Pflanzen eine beständige Nährquelle wird.

Dass über die Absorption der Bodenarten schon die vielseitigsten Versuche sowohl im Grossen wie auch in chemischen Laboratorien angestellt worden sind, ist bei der Wichtigkeit dieser Eigenschaften für die Vegetation nicht zu verwundern, ebensowenig auch, dass trotz dieser vielen Versuche noch viele hierauf bezügliche Fragen einer eingehenden Behandlung bedürfen.

Die früher benutzten Methoden zur Bestimmung des Absorptionsvermögens der Ackererde beruhten auf der Einwirkung möglichst verdünnter Lösungen von Ammon-Kalisalzen etc. auf dieselbe, weil man der irrthümlichen Ansicht war, dass die mineralischen Nährstoffe vorzugsweise in der Bodenflüssigkeit vorhanden seien, da das im Boden circulirende Wasser nur sehr geringe Mengen dieser Nährstoffe enthält.

Man glaubte sich daher gezwungen, nur ganz verdünnte Lösungen zu den Absorptions-Bestimmungen zu verwenden und erst später kam man zu der Ansicht, dass die Bodenflüssigkeit ein Product der Absorption sei und letzterem Processe ihre Entstehung verdanke.

Pillitz[1]) war der Erste, der durch seine Versuche feststellte, dass zur völligen Aussättigung einer Ackererde eine concentrirte Lösung nöthig sei, nachdem durch Anwendung nach und nach verstärkter Lösungen auch die jedesmalige Absorption gestiegen war. Hiernach scheint es geboten, zum Studium gewisser Absorptionsgesetze vor allen Dingen erst einen constanten Aussättigungspunkt der Erde gegenüber den wichtigsten Pflanzennährstoffen zu erzielen.

Nach diesem Principe wurden mit verschiedenen Bodenarten Versuche angestellt, wobei einerseits die Absorptionsfähigkeit gegen Chlorammonium und phosphorsaures Kali, anderseits die Frage der Verdrängung des absorbirten Ammon durch Kali und umgekehrt in Erwägung gezogen wurde, ferner auch die Bodenarten hinsichtlich ihrer mechanischen Gemengtheile und chemischen Beschaffenheit untersucht wurden.

Zunächst folgen Mittheilungen über die Beschaffenheit der bei den Versuchen benutzten Bodenarten, der mechanischen und chemischen Analyse, sowie der Methoden der Untersuchung.

---

[1]) Zeitschrift für analytische Chemie 1875. Seite 55 u. 285.

Bei der Wegnahme jedes einzelnen Bodens für die vorliegenden Versuche wurde ein Gemisch von Krume und Untergrund hergestellt und dieses, in dünnen Schichten ausgebreitet, mehrere Tage an der Luft stehen gelassen. Um einige Aufschlüsse über den Verwitterungsgrad und die leicht löslichen Bestandtheile zu erhalten, wurden die einzelnen Bodenarten im völlig lufttrockenen Zustande einer mechanischen Trennung und einer chemischen Analyse unterworfen.

Die mechanische Trennung wurde vermittelst der Knop'schen Bodensiebe, welche aus fünf Abtheilungen von $6^1/_2$ mm bis zu $^1/_2$ mm Maschenweite bestehen, durch Absieben und Schlämmen bewerkstelligt und so dieselben in: 1. Gesteinstrümmer oder Gerölle, 2. Grobkies, 3. Mittelkies, 4. Feinkies, 5. abschlämmbare Theile, 6. Feinerde getrennt.

Zu den Absorptionen wurde nur die Feinerde, welche ja die Fruchtbarkeitsfactoren in sich trägt und daher die wichtigsten Einflüsse auf die Vegetation und die Vorgänge im Boden ausübt, verwendet, und war es erforderlich, diese erst einer näheren Untersuchung zu unterziehen, um Aufschluss über etwaige Löslichkeit der bereits in ihr gebundenen Nährstoffe zu erhalten.

Die chemische Untersuchung der Feinerde geschah in folgender Weise:

Als Lösungsmittel wurde zunächst eine einprocentige Essigsäure angewendet und mit dieser die Bodenarten unter bisweiligem Umschütteln 24 Stunden in der Kälte in Berührung gelassen. Der Rückstand dieser essigsauren Lösung wurde nach völligem Auswaschen mit einer zehnprocentigen Salzsäure zwei Stunden hindurch bei Siedetemperatur behandelt.

Zum Schluss wurde aus dem gut ausgewaschenen Rückstande des salzsauren Filtrates noch die hydratische Kieselsäure vermittelst einer Kalilauge, welche zwanzig Procent Kalihydrat und fünf Procent kohlensaures Kali enthielt, aufgenommen und nach dem Eindampfen mit Salzsäure durch Wasser wieder abgeschieden.

In den essigsauren und salzsauren Filtraten wurden Kieselsäure, Eisen mit Thonerde, Kalk, Magnesia, Alkalien und Phosphorsäure nach den bekannten Methoden bestimmt.

Nach Abscheidung der Kieselsäure wurde durch Ammonfällung das Gesammtgewicht von Eisen und Thonerde ermittelt und aus

diesen durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron die Phosphorsäure nach der Molybdänmethode gefällt und als pyrophosphorsaure Magnesia bestimmt.

Nach Fällung des Kalkes durch Ammonoxalat geschah die Trennung der Magnesia, die nur in geringen Mengen vorhanden war, von den Alkalien durch Glühen mit frisch gefälltem Quecksilberoxyd.

Die Gesammtalkalien wurden als Chloride bestimmt, hiervon das Kalium als Kaliumplatinchlorid getrennt und das Natrium aus der Differenz bestimmt.

Ausser diesen Untersuchungen wurde noch das hygroskopische Wasser durch Erhitzen einer abgewogenen Menge bei 110 ° C. bis zu constantem Gewicht und durch Glühen des Rückstandes unter Abzug obigen Wassers der Gesammtglühverlust ermittelt.

Die Bestimmung des chemisch gebundenen Wassers geschah im Verbrennungsrohr im Sauerstoffstrome mit vorgelegtem gewogenen Chlorcalciumrohre.

Die Absorptionsversuche selbst wurden in 80 cm langen, $2^1/_2$ cm weiten, 200 ccm Flüssigkeit fassenden Glasröhren vorgenommen, an deren unteren spitz ausgezogenen Enden ein mit Quetschhahn versehener Gummischlauch zum Ablassen der Flüssigkeit befestigt war. Um einen möglichst klaren Abfluss zu erzielen und zu verhüten, dass Erdetheilchen von der Flüssigkeit mit fortgerissen würden, wurden die Glasröhren unten mit einer Schicht grob zerstossenen Glases versehen und auf diese Glaswolle geschichtet.

Nach diesen Vorbereitungen wurden je 50 gr Feinerde der betreffenden Bodenarten in lockerem Zustande in die Röhren geschüttet und 100 ccm der betreffenden Absorptionsflüssigkeit darauf gegossen.

Die Dauer der Absorptionen wurde auf 48 Stunden festgesetzt, um dadurch eine vollständige Aussättigung des Bodens mit der Absorptionsflüssigkeit zu erreichen, und während dieser Zeit der Boden mit der Flüssigkeit im verschlossenen Glasrohr und bei gewöhnlicher Temperatur der vollständigen Ruhe überlassen.

Als Absorptionsflüssigkeiten wurden benützt:

1. Eine Lösung von Chlorammonium, welche in 100 ccm 6,67 gr Chlor und 3,193 gr Ammoniak, entsprechend 10,053 gr, NH_4Cl, enthielt.

2. Eine Lösung von phosphorsaurem Kali, welche in 100 ccm 5,429 gr P_2O_5 und 4,105 gr K_2O enthielt.

Mit diesen Lösungen wurden die Versuche in der Weise ausgeführt, dass zunächst 50 gr Feinerde eines jeden Bodens mit 100 ccm der entsprechenden Chlorammoniumlösung in der oben beschriebenen Weise in Berührung gebracht und nach dem Ablassen der Flüssigkeit auf denselben mit Chlorammonium gesättigten Boden 100 ccm der Lösung von phosphorsaurem Kali gegossen wurde, so dass eine Wechselwirkung von Chlorammonium mit phosphorsaurem Kali eintreten musste.

Auf dieselbe Weise wurden die zuerst mit phosphorsaurem Kali gesättigten Erden mit Chlorammonium behandelt.

Schliesslich wurden die bei der chemischen Analyse aus dem essigsauren und salzsauren Auszuge verbliebenen Rückstände, vorwiegend aus Thon bestehend, denselben Absorptions-Versuchen unterzogen.

Sämmtliche Flüssigkeiten beziehungsweise Lösungen von Chlorammonium und phosphorsaurem Kali wurden, nachdem dieselben mit den betreffenden Bodenarten in Berührung gebracht waren, wieder untersucht und darin der Gehalt an Ammoniak, Chlor, Phosphorsäure und Kali bestimmt.

Die Ammoniakbestimmung geschah im Knop'schen Azotometer durch Zersetzung mittelst unterbromigsauren Natrons als Ammoniakstickstoff und wurde nach den Dietrich'schen Stickstofftabellen auf Ammoniak umgerechnet.

Das Chlor wurde volumetrisch nach der Volhard'schen Methode mit einer Silberlösung, von welcher 1 ccm = 0,00383 gr Chlor entsprach, unter Zurücktitriren mit gegen die Silberlösung eingestellter Rhodanammonlösung bestimmt.

Die Phosphorsäure wurde volumetrisch mittelst essigsaurer Uranlösung, von der 1 ccm = 0,0061 P_2O_5 anzeigte, als P_2O_5 ermittelt.

Die Kalibestimmung geschah gewichtsanalytisch nach bekannten Methoden.

Aus der Differenz zwischen der ursprünglichen und der absorbirten Lösung wurden die Absorptionscoëfficienten ermittelt und auf 100 gr Feinerde umgerechnet.

Charakteristik der Bodenarten, die zu den Absorptions-Versuchen dienten, und deren Zusammensetzung:

1. Ein Keuperflugsand aus dem Walde bei Buckenhof in der Nähe Erlangens, hellbraun, von mittelfeinem Korn und der Hauptsache nach aus Quarz bestehend.

Ueber die Zusammensetzung desselben geben die beifolgenden Tabellen Aufschluss, welche die Resultate der mechanischen und chemischen Analyse enthalten.

Boden I: Flugsand.

Tabelle I.

Mechanische Analyse.

Maschenweite der Siebe in Millimetern	Form des Rückstandes	Gewicht des Rückstandes	
		in Grammen	in Procenten
6½ (ursprüngl. Grösse)	Gesteinstrümmer	3	0,15
4½	Grobkies	3	0,15
2	Mittelkies	13	0,66
1	Feinkies	120	6,05
½	abschlämmbare Theile	1413	71,29
—	Feinerde	430	21,69

Tabelle II.

Chemische Analyse der Feinerde.

100 Gramm Feinerde	mit 1% Essigsäure	mit 10% Salzsäure
SiO_2	6,015	1,0425 *)
Fe_2O_3	0,009	3,1827
Al_2O_3		
Mn	Spuren	—
CaO	0,1175	0,019
MgO	0,040	Spuren
K_2O	0,006	0,035
Na_2O	0,0121	0,024
P_2O_5	0,0017	0,0193
Gesammtmenge der löslichen Bestandtheile	0,2013	4,3225
Unlöslicher Rückstand	97,8487	93,5262

*) = 0,9275 hydratische SiO_2.

Tabelle III.

Feuchtigkeit und Glühverlust der Feinerde.

Hygroscopische Wasser	0,53
Chemisch gebundenes Wasser	1,95
Gesammt-Glühverlust	1,80

2. Ein Stubensandsteinboden, welcher einem Steinbruche des Burgberges entnommen wurde und ebenfalls den in der Umgebung von Erlangen mächtig entwickelten Schichten des oberen Keupers angehört und als directes Verwitterungsproduct des Stubensandsteines betrachtet werden kann.

Die Resultate der Analyse ergaben:

Boden II: Stubensandstein.

Tabelle I.

Mechanische Analyse.

Maschenweite der Siebe in Millimetern	Form des Rückstandes	Gewicht des Rückstandes	
		in Grammen	in Procenten
$6^1/_2$	Gesteinstrümmer	8,5	0,67
$4^1/_2$	Grobkies	1,5	0,11
2	Mittelkies	58	3,00
1	Feinkies	208	16,45
$^1/_2$	abschlämmbare Theile	585	46,28
—	Feinerde	423	33,46

Tabelle II.

Chemische Analyse der Feinerde.

100 Gramm Feinerde	mit 1% Essigsäure	mit 10% Salzsäure
SiO_2	0,05	4,80 *)
Fe_2O_3	0,0579	2,46
Al_2O_3		
Mn	Spuren	—
CaO	0,16	0,055
MgO	—	Spuren
K_2O	0,736	0,039
Na_2O	(,298	0,01
P_2O_5	0,0121	0,29
Gesammtmenge der löslichen Bestandtheile	1,314	7,654
Unlöslicher Rückstand	94,136	86,482

*) = 4,39 hydratische SiO_2.

Tabelle III.

Feuchtigkeit und Glühverlust der Feinerde.

Hygroscopisches Wasser	1,96
Chemisch gebundenes Wasser	4,55
Gesammt-Glühverlust	5,65

3. Ein hellbrauner, lehmiger Ackerboden, von den Ländereien des in der Nähe gelegenen Rittergutes „Rathsberg“ stammend und der unteren Juraformation angehörend.

Boden III: Rathsberg-Acker.

Tabelle I.

Mechanische Analyse.

Maschenweite der Siebe in Millimetern	Form des Rückstandes	Gewicht des Rückstandes	
		in Grammen	in Procenten
$6^1/_2$	Gesteinstrümmer	2	0,14
$4^1/_2$	Grobkies	31	2,22
2	Mittelkies	303	21,72
1	Feinkies	420	30,10
$^1/_2$	abschlämmbare Theile	67	4,80
—	Feinerde	572	48,17

Tabelle II.

Chemische Analyse der Feinerde.

100 Gramm Feinerde	mit 1% Essigsäure	mit 10% Salzsäure
SiO_2	0,021	2,881*)
Fe_2O_3	0,014	6,376
Al_2O_3		
Mn	Spuren	—
CaO	0,157	0,101
MgO	0,094	—
K_2O	0,024	0,144
Na_2O	0,002	0,018
P_2O_5	0,002	0,0278
Gelöste Menge	0,314	9,5508
Unlöslicher Rückstand	91,686	82,1352

*) = 2,646 hydratische SiO_2.

Tabelle III.

Feuchtigkeit und Glühverlust der Feinerde.

Hygroscopisches Wasser	3,27
Chemisch gebundenes Wasser	8,00
Gesammt-Glühverlust	10,93

4. Ein graublauer bis bräunlicher Ackerboden aus der Liasformation, am Fusse des Hetzlas, eines fränkischen Jurazuges, entnommen. Dieser Boden zeigte Stücke bis zur Haselnuss gross noch deutlich erkennbar schiefriger Structur.

Boden IV: Liasboden.

Tabelle I.

Mechanische Analyse.

Maschenweite der Siebe in Millimetern	Form des Rückstandes	Gewicht des Rückstandes	
		in Grammen	in Procenten
6 1/2	Gesteinstrümmer	61	4,13
4 1/2	Grobkies	82	5,55
2	Mittelkies	164	11,11
1	Feinkies	410	27,77
1/2	abschlämmbare Theile	54	3,65
—	Feinerde	705	47,76

Tabelle II.

Chemische Analyse der Feinerde.

100 Gramm Feinerde	mit 1% Essigsäure	mit 10% Salzsäure
SiO_2	0,028	3,464 *)
Fe_2O_3	0,01	5,906
Al_2O_3		
Mn	—	—
CaO	0,174	0,038
MgO	0,044	0,044
K_2O	0,052	0,076
Na_2O	0,02	0,094
P_2O_5	0,004	0,06
Gesammtlösliche Substanz	0,332	9,682
Unlöslicher Rückstand	88,368	78,686

*) = 2,174 hydratische SiO_2.

Tabelle III.

Feuchtigkeit und Glühverlust der Feinerde.

Hygroscopisches Wasser	3,55
Chemisch gebundenes Wasser	11,30
Gesammt-Glühverlust	12,34

5. Ein hellbrauner thoniger Ackerboden, welcher von der mittleren Höhe desselben Hetzlas stammt und der Doggerformation (brauner Jura) angehörend als Verwitterungsproduct des Personatussandsteins betrachtet werden kann.

Boden V: Doggerboden.

Tabelle I.

Mechanische Analyse.

Maschenweite der Siebe in Millimetern	Form des Rückstandes	Gewicht des Rückstandes	
		in Grammen	in Procenten
6½	Gesteinstrümmer	116	5,83
4½	Grobkies	80	4,02
2	Mittelkies	100	5,03
1	Feinkies	94	4,72
½	abschlämmbare Theile	80	4,02
—	Feinerde	1520	76,38

Tabelle II.

Chemische Analyse der Feinerde.

100 Gramm Feinerde	mit 1% Essigsäure	mit 10% Salzsäure
SiO_2	0,02	3,385 *)
Fe_2O_3	0,0174	7,190
Al_2O_3		
Mn	—	—
CaO	0,075	Spuren
MgO	—	0,24
K_2O	0,603	0,119
Na_2O	0,702	0,320
P_2O_5	0,0026	0,115
Gesammtlösliche Substanz	1,4200	11,369
Unlöslicher Rückstand	95,75	84,381

*) = 3,28 hydratische SiO_2.

Tabelle III.

Feuchtigkeit und Glühverlust der Feinerde.

Hygroscopisches Wasser	0,66
Chemisch gebundenes Wasser	2,83
Gesammt-Glühverlust	2,74

6. Ein Ackerboden von derselben Fundstätte (Hetzlas), direct über den Personatusschichten gelagert und dem weissen Jura, speciell den Plattenkalken entstammend.

Boden VI: Plattenkalkboden.

Tabelle I.

Mechanische Analyse.

Maschenweite der Siebe in Millimetern	Form des Rückstandes	Gewicht des Rückstandes	
		in Grammen	in Procenten
$6^1/_2$	Gesteinstrümmer	88,5	5,63
$4^1{}_{,2}$	Grobkies	135	8,59
2	Mittelkies	293	18,65
1	Feinkies	352,5	23,07
$^1/_2$	abschlämmbare Theile	150	9,54
—	Feinerde	552	35,13

Tabelle II.

Chemische Analyse der Feinerde.

100 Gramm Feinerde	mit 1% Essigsäure	mit 10% Salzsäure
SiO_2	0,14	22,17 *)
Fe_2O_3	0,036	10,101
Al_2O_3		
Mn	—	—
CaO	0,77	0,21
MgO	—	—
K_2O	0,519	0,157
Na_2O	0,294	0,015
P_2O_5	0,004	0,129
Gesammtlösliche Substanz	1,763	32,782
Unlöslicher Rückstand	85,587	52,805

*) = 18,87 hydratische SiO_2.

Tabelle III.

Feuchtigkeit und Glühverlust der Feinerde.

Hygroscopisches Wasser	7,35
Chemisch gebundenes Wasser	12,65
Gesammt-Glühverlust	13,34

Mit diesem Material wurden Absorptionsversuche angestellt, um über folgende Fragen Aufschluss zu erhalten:

1. Wie verhält sich das Absorptionsvermögen der einzelnen Bodenarten gegen die concentrirten Lösungen von Chlorammonium einerseits und von phosphorsaurem Kali anderseits, werden beide Absorptionsflüssigkeiten von allen Bodenarten in äquivalenten Mengen gebunden oder besitzen einzelne Böden für den einen Pflanzennährstoff ein höheres Absorptionsvermögen wie für den anderen?

2. Sind einzelne oder alle Bodenarten, welche die Chlorammoniumlösung bereits absorbirten, noch im Stande, auf eine Lösung von phosphorsaurem Kali oder im umgekehrten Verhältniss mit phosphorsaurem Kali gesättigt, auf Chlorammonium absorbirend einzuwirken und unter welchen Verhältnissen findet diese Wechselwirkung statt?

3. Wie verhalten sich die Rückstände der zur chemischen Analyse mit Essigsäure und Salzsäure ausgezogenen Bodenarten den beiden obengenannten Absorptionsflüssigkeiten gegenüber und in welchem Verhältniss stehen die Absorptionsverhältnisse dieser Rückstände den ursprünglichen Bodenarten gegenüber?

Bevor zur Beantwortung dieser Fragen geschritten wird, sei hier einiger Arbeiten gedacht, welche bereits auf dem Gebiete der Absorptionslehre mit Hinweis auf die erwähnte Fragestellung gemacht wurden.

Knop[1]) stellte zuerst Vergleiche zwischen der Kali- und Ammoniakabsorption an und fand bei seinen Beobachtungen, dass niederen Ammoniak- auch niedere Kaliabsorptionen und höheren Ammoniak- höhere Kaliabsorptionen entsprechen.

Erst Pyllitz[2]) gelang es durch Anwendung concentrirter Flüssigkeit, nachdem seine zahlreichen Versuche mit verdünnter zu keinem befriedigenden Resultate geführt hatten, festzustellen, dass zwischen Kali- und Ammoniakabsorption eine Aequivalenz bestehe.

Zu diesem Zwecke sättigte er verschiedene Bodenarten mit concentrirten Lösungen von Chlorammonium einerseits und phosphorsaurem Kali anderseits und berechnete aus den Durchschnittszahlen der beiden Absorptionen die Aequivalenz derselben.

Er bemerkt dazu, dass es selbstverständlich sei, dass die Absorptionsgrösse der Phosphorsäure bei einer und derselben Gattung mit der des Kalis und Ammoniaks in kein äquivalentes Verhältniss zu bringen sei, vielmehr schienen ihm die beiden Agentien gewissermassen Gegensätze zu bilden insofern, als ein Boden, der geneigt sei, grosse Quantitäten einer Säure zu binden, desto geringere Mengen von Alkali zu absorbiren im Stande sein würde und umgekehrt.

Ebenderselbe[3]) stellte auch Versuche an, die Einwirkung von phosphorsaurem Kali auf einen Boden, der bereits mit Chlorammonium gesättigt war, kennen zu lernen und mit den Resultaten Vergleiche zwischen der Absorption der Ackererde und der der Thierkohle anzustellen.

Zu diesem Zwecke brachte er 50 Gramm einer mit Chlorammonium vorher gesättigten Erde mit einer Lösung von phosphorsaurem Kali, welche 7,0623 % Phosphorsäure und 6,44 % Kali enthielt, im Verdrängungsrohr in Berührung und fand, dass nur 1,570 Phosphorsäure, dagegen kein Kali absorbirt waren.

Bei einem zweiten Versuche, bei dem eine Lösung von 15,579 % Phosphorsäure und 14,31 % Kali auf 50 Gramm einer mit Salmiak gesättigten Erde angewandt wurde, waren ebenfalls 1,607 Phosphorsäure, aber kein Kali absorbirt.

---

[1]) Bonitirung der Ackererde 1872. Seite 45.
[2]) Zeitschrift für analyt. Chemie. 1875. Seite 286.
[3]) Zeitschrift für analyt. Chemie. 1875. Seite 287.

Diese Resultate berechtigten ihn zu der Annahme,

1. dass eine mit einer Basis ausgesättigte Erde das Absorptionsvermögen für eine Säure nicht zu alteriren vermag;
2. dass die Aufnahme aus einer neutralen Lösung von phosphorsaurem Kali nicht in dem Verhältniss stattfindet, in welchem diese beiden Stoffe in der ursprünglichen Lösung enthalten sind.

Peters[1]), der sich mit den Absorptionsversuchen ebenfalls beschäftigte, erklärt nach den Resultaten seiner Versuche, dass das Kali am energischsten aus dem phosphorsauren Kali absorbirt werde und begründet diese Thatsache aus dem Umstande, dass, wenn dieses Salz mit dem Boden in Berührung komme, nicht nur das Kali, sondern auch die Phosphorsäure eine Absorption erleide. Er fand ferner, dass niemals die Gesammtmasse des Kali's aus einer Lösung absorbirt wurde.

Rautenberg[2]) machte die Entdeckung, dass mit dem Gehalt eines Bodens an Eisenoxyd und Thonerdehydrat auch das Absorptionsvermögen steige.

In Bezug auf die Phosphorsäure-Absorption sagt Heyden[3]), dass ein Boden, der schon mit Salzsäure ausgezogen sei, weniger Phosphorsäure zu binden vermöge als im ursprünglichen Zustande.

Kellner[4]) bestimmte die Aussättigungscapacität des Bodens speciell für Ammoniak und stellte fest, dass ein leichter Boden von einer zehnprocentigen Chlorammonlösung vollständig ausgesättigt werde, während humus- und zeolithreiche Erden, überhaupt solche, welche ein hohes Absorptionsvermögen besitzen, zu ihrer Aussättigung einer concentrirten Lösung bedürfen.

Derselbe[5]) lieferte noch einen interessanten Beitrag über die Verdrängungsweise des Kalis aus einer mit Kali gesättigten Erde durch Chlorammonium, was ihm erst unter Anwendung erwärmter Lösung gelang, und gibt dazu folgende Erklärung ab:

---

[1]) Landwirthschaftl. Bodenkunde 1876. S. 332.
[2]) Ebendaselbst.
[3]) Ebendaselbst S. 345.
[4]) Landwirthschaftl. Versuchsstation 1886. S. 354.
[5]) Ebendaselbst S. 360.

„Das in einem Boden durch Absorption gebundene Kali lässt sich durch Digestion mit einer in der Kälte gesättigten Chlorammonlösung unter Anwendung von Wärme vollständig in Lösung überführen!“

Diese kurzen Betrachtungen über auf dem Gebiete der Absorption bereits gemachte Erfahrungen mögen den Uebergang bilden zur Erläuterung der mit obigen Bodenarten vorgenommenen Absorptionsversuche und der dabei erzielten Resultate.

Zur Beantwortung der ersten Frage, die Absorptionsfähigkeit der einzelnen Erden für Chlorammonium und phosphorsaures Kali, resp. für Chlor und Ammoniak einerseits und Phosphorsäure und Kali anderseits, kennen zu lernen, wurden die betreffenden Bodenarten (Feinerden), deren Gehalt an leicht löslichen Bestandtheilen bereits durch die chemische Analyse ermittelt war, mit concentrirten Lösungen von Chlorammonium und phosphorsaurem Kali von bekanntem Gehalt in Berührung gebracht.

100 gr Feinerde absorbirten aus 200 ccm Chlorammoniumlösung folgende Mengen von Chlor und Ammoniak, resp. Stickstoff:

Tabelle I.

Absorption von Chlorammonium.

100 Gramm Feinerde absorbirten	NH_3	Cl	N
Plattenkalkboden	2,428 = 5,086 Cl	4,803	2,006
Liasboden	2,364 = 4,938 „	3,284	1,948
Rathsberg-Acker	2,086 = 4,356 „	3,200	1,718
Doggerboden	1,584 = 3,337 „	3,214	1,304
Stubensandstein	1,522 = 3,178 „	3,016	1,254
Flugsand	1,356 = 2,838 „	2,540	1,118

Aus den Zahlen dieser Tabelle lässt sich entnehmen, dass die beiden Bodenarten der oberen und unteren Juraformation das stärkste Bindungsvermögen für Ammoniak besassen, während die aus der Keuperformation weniger absorbirten.

Unterzieht man diese Ammoniakabsorptionen der einzelnen Erden einem Vergleich mit den durch die chemische Analyse derselben gewonnenen Resultaten, so ergibt sich, dass mit dem Gehalt

an leicht löslichen Bestandtheilen, speciell an hydratischer Kieselsäure und Thonerde, auch das Absorptionsvermögen wächst, dass somit alle die Bodenarten, welche reich an diesen Bestandtheilen waren, mehr Ammoniak absorbirten, als die an löslichen Bestandtheilen ärmeren.

Dem entsprechend wurde auch das Chlor absorbirt, das heisst, ein Boden, der viel Ammoniak absorbirte, band auch viel Chlor und umgekehrt.

Die absorbirte Menge Chlor entsprach nicht ganz dem Verhältniss, in welchem dasselbe zum Ammoniak zur Bildung von Chlorammonium steht und ist daraus der interessante Schluss zu ziehen, dass das Chlorammonium während der Absorption eine Zersetzung in seine beiden Bestandtheile, Chlor und Ammoniak, durch den Boden erlitt und eine Umsetzung mit den Bodenbestandtheilen jedenfalls eintrat.

Der zweite Versuch wurde mit der Lösung von phosphorsaurem Kali ausgeführt und dabei folgende, in Tabelle II aufgezeichnete Resultate erzielt:

Tabelle II.

Absorption von phosphorsaurem Kali.

100 Gramm Feinerde absorbirten	P_2O_5	K_2O
Plattenkalkboden	4,514 = 3,412 K_2O	3,504
Liasboden	3,88 = 2,932 „	3,440
Rathsberg-Acker	3,538 = 2,684 „	3,160
Flugsand	2,074 = 1,58 „	1,826
Stubensandstein	1,764 = 1,32 „	1,640
Doggerboden	1,154 = 0,872 „	1,128

Die obige Tabelle liefert den Beweis, dass die Absorption von Kali eine stärkere war, als wie die von Phosphorsäure.

Im Uebrigen verhielten sich auch hier die Bodenarten wie bei der Ammoniakabsorption, indem die mit höherem Gehalt an löslichen Bestandtheilen stärker absorbirten als die gehaltloseren.

Vergleicht man die Ammoniakabsorptionen mit denen des Kali's, so zeigen sich folgende Verhältnisse:

Tabelle III.

Vergleich der Ammoniak- mit der Kali-Absorption.

100 Gramm Feinerde	von Chlorammonium		von phosphorsaurem Kali	
	Cl	NH_3	K_2O	P_2O_5
Plattenkalkboden	4,808	2,428	3,504	4,514
Liasboden	3,284	2,364	3,440	3,880
Rathsberg-Acker	3,200	2,086	3,160	3,538
Doggerboden	3,214	1,584	1,826	1,45
Stubensandstein	3,016	1,522	1,128	1,764
Flugsand	2,540	1,356	1,640	2,074

Aus dem Inhalt dieser Tabelle lässt sich Folgendes schliessen:

Die Durchschnittszahl für NH_3 (absorbirt) ist = 1,89.

Die des absorbirten K_2O . . . . . = 2,44.

Die angewandte Chlorammoniumlösung enthält in 200 ccm = 6,386 NH_3.

Die Lösung von phosphorsaurem Kali . . = 8,210 K_2O.

1,89 NH_3 : 6,386 NH_3 = 3,37 = 30,06 % NH_3.

2,44 K_2O : 8,210 K_2O = 3,36 = 29,72 % K_2O.

Demnach absorbirten die Bodenarten im Durchschnitt

$$= \frac{30{,}06\ \%\ NH_3}{29{,}72\ \%\ K_2O},$$

somit gleiche Gewichtsmengen von NH_3 und K_2O.

Die auf ein Molek. NH_3 berechneten Kalimengen in Molekularverhältnissen angegeben sind folgende:

1. Plattenkalkboden = 0,143 NH_3 = 0,0745 KOH
2. Liasboden . . . = 0,0139 „ = 0,0731 „
3. Rathsberg-Acker = 0,122 „ = 0,0672 „
4. Doggerboden . . = 0,0932 „ = 0,0389 „
5. Flugsand . . . = 0,0895 „ = 0,0349 „
6. Stubensandstein = 0,0797 „ = 0,024 „

Demnach verhält sich die Durchschnittszahl

von KOH = 0,2381 und

von NH_3 = 0,3983 wie 1,6 : 1.

Das absorbirte Chlor und die Phosphorsäure stehen sich in einem ähnlichen Verhältnisse gegenüber wie Ammoniak und Kali.

Die angewandte Chlorammoniumlösung enthielt
in 200 ccm = 13,34 gr Cl.
Die Lösung von phosphorsaurem Kali . . = 10,858 P_2O_5.
Davon absorbirten die Bodenarten im Durchschnitt
= 3,383 Cl und 2,820 P_2O_5.
3,383 Cl : 13,34 Cl = 3,94 Cl = 26,85 % Cl.
2,82 P_2O_5 : 10,858 P_2O_5 = 3,985 P_2O_5 = 25,97 % P_2O_5.

Aus dieser Berechnung lässt sich schliessen, dass die betreffenden Bodenarten aus den Absorptionsflüssigkeiten gleiche Procentsätze Kali und Ammoniak einerseits und Phosphorsäure und Chlor anderseits absorbirten, dass aber die beiden Absorptionscoëfficienten für Kali und Ammoniak nicht im äquivalenten Verhältniss zu einander standen, sondern wie = 1,6 : 1 im Durchschnitt.

Um das Princip der zweiten Frage, die Wechselwirkung von Chlorammonium mit phosphorsaurem Kali und umgekehrt bei der Bodenabsorption zu ergründen, wurden zunächst die Bodenarten, welche bereits mit phosphorsaurem Kali gesättigt waren, mit der Chlorammoniumlösung von bekanntem Gehalt in Berührung gebracht und hierdurch folgende Absorptionsresultate gewonnen:

Tabelle IVa.

Absorption von Chlorammon nach vorhergehender Behandlung mit phosphorsaurem Kali.

Angewandt 100 Gramm Feinerde	Absorbirt			In Lösung gegangen resp. verdrängt	
	NH_3	Cl	N	P_2O_5	K_2O
Stubensandstein	1,770 = 3,696 Cl	3,322	1,458	0,610 = 0,46 K_2O	0,410
Doggerboden	1,588 = 3,316 „	3,138	1,307	1,464 = 1,084 „	1,078
Plattenkalkboden	1,516 = 3,169 „	2,05	1,250	1,61 = 1,218 „	0,843
Flugsand	1,124 = 2,362 „	1,87	0,926	2,027 = 1,532 „	1,478
Rathsberg-Acker	1,098 = 2,292 „	2,234	0,904	1,342 = 1,262 „	1,216
Liasboden	0,49 = 1,024 „	0,816	0,404	1,098 = 0,82 „	0,330

Aus der Zusammenstellung dieser Versuchsreihe ergibt sich die interessante Thatsache, dass diejenigen Bodenarten, welche bei

der ersten Ammoniakabsorption ein schwächeres Absorptionsvermögen zeigten, durch die Gegenwart des bereits absorbirten phosphorsauren Kalis mehr Ammoniak zu binden vermochten, und umgekehrt zeigten die besseren Bodenarten hier ein geringeres Absorptionsvermögen.

So z. B. absorbirte der Stubensandsteinboden, welcher bei der ersten Ammoniakabsorption auf einer ganz niederen Stufe stand, hier am meisten Ammoniak und hat dem ersten Versuche gegenüber ein „Plus“ an Ammoniak aufzuweisen, während fast alle anderen Bodenarten ein „Minus“ zu verzeichnen haben.

Interessant ist das Verhalten der Phosphorsäure und des Kalis, welche vom Boden bereits absorbirt bei der Einwirkung von Ammoniak wieder durch dasselbe verdrängt wurden und zwar im ungefähren Verhältnisse zur Ammoniakaufnahme.

Alle diejenigen Bodenarten, welche hier ein höheres Absorptionsvermögen für Ammoniak zeigten, verloren wieder dementsprechend mehr von der absorbirten Kali und Phosphorsäure als wie diejenigen, welche weniger Ammoniak absorbirten.

Ein Vergleich zwischen der früheren Ammoniakabsorption und den hier gewonnenen Resultaten gibt nachstehende Uebersicht:

Tabelle IVb.

Vergleich der Chlor- und Ammoniak-Absorptionen von den mit phosphorsaurem Kali gesättigten Bodenarten mit den früheren.

Auf 100 Gramm Feinerde berechnet	Absorbirt						Durch NH_3 und Cl aus dem Boden verdrängt		Noch im Boden gebunden	
	NH_3			Cl						
	Bei Gegenwart von K_2O und P_2O_5	früher	Differenz	Bei Gegenwart von K_2O und P_2O_5	früher	Differenz	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O
Stubensandstein	1,770	1,522	+ 0,248	3,322	3,016	+ 0,306	0,610	0,410	1,154	0,718
Doggerboden	1,588	1,584	+ 0,004	3,138	3,214	— 0,076	1,464	1,078	—	0,748
Plattenkalkboden	1,516	2,428	— 0,912	2,05	4,808	— 2,758	1,610	0,443	2,904	3,961
Flugsand	1,124	1,356	— 0,232	1,870	2,54	— 0,67	2,027	1,478	0,047	0,162
Rathsberg-Acker	1,098	2,086	— 1,968	2,234	3,20	— 0,966	1,342	1,216	2,196	1,944
Liasboden	0,490	2,364	— 1,874	0,816	3,284	— 2,468	1,098	0,33	2,782	3,110

Um den zweiten Theil dieser Frage, die Einwirkung von phosphorsaurem Kali auf einen mit Chlorammonium gesättigten Boden zu erforschen, wurden die bereits mit Chlorammonium in Berührung gewesenen Böden mit der Lösung von phosphorsaurem Kali versetzt und hierbei folgende in Tab. Va. zusammengestellte Resultate erhalten:

Tabelle Va.

Absorption von Kali und Phosphorsäure nach vorhergehender Behandlung von Chlor-Ammonium.

100 Gramm Feinerde	Absorbirt		In Lösung gegangen resp. verdrängt		
	K_2O	P_2O_5	NH_3	Cl	N
Plattenkalkboden	3.44	3,356 = 2,418 K_2O	2,16 = 4,513 Cl	3,722	1,78
Doggerboden	1,932	1,342 = 1,014 „	0,668 = 1,391 „	1,76	0,552
Stubensandstein	1,166	1,13 = 0,84 „	0,85 = 1,78 „	1,098	0,702
Rathsberg-Acker	0,692	1,488 = 1,124 „	0,55 = 1,148 „	1,562	0,453
Flugsand	0,412	1,098 = 0,792 „	0,578 = 1,208 „	1,164	0,476
Liasboden	0,302	0,854 = 0,646 „	0,310 = 0,649 „	0,704	0,256

Auch bei dieser Absorption finden sich ähnliche Verhältnisse wie bei den vorhergehenden.

Das vom Boden bereits absorbirte Ammoniak und Chlor gestatten in den meisten Bodenarten nur einem bestimmten Theile Kali und Phosphorsäure den Zutritt, in Folge dessen auch hier eine geringere Absorption wahrzunehmen ist als wie bei der früheren in reinem Boden. Auch hier findet durch den Eintritt des einen Coëfficienten eine Verdrängung des anderen statt und zwar in ähnlicher Weise wie bei der vorhergehenden Ammoniakabsorption.

Der Plattenkalkboden zeigt auch hier wie fast bei allen anderen Versuchen das stärkste Absorptionsvermögen, während der Liasboden, der mit ihm bei der einfachen Absorption von Chlorammonium und phosphorsaurem Kali ziemlich gleichen Schritt hielt, bei den Wechselwirkungen der Absorptionsflüssigkeiten am wenigsten leistete.

Nachstehende Tabelle gibt ein kurzes Bild über die Differenzen zwischen den Phosphorsäure- und Kaliabsorptionen der reinen Bodenarten und denen der mit Chlorammonium gesättigten:

Tabelle Vb.

Vergleich der Kali- und Phosphorsäure-Absorptionen von den mit Salmiak gesättigten Bodenarten mit den früheren.

100 Gramm Feinerde	Absorbirt						In Lösung gegangen resp. verdrängt		Im Boden gebunden	
	K_2O			P_2O_5						
	vom reinen Boden	vom gesättigten Boden	Differenz	vom reinen Boden	vom gesättigten Boden	Differenz	NH_3	Cl	NH_3	Cl
Plattenkalkboden	3,504	3,41	— 0,064	4,514	3,356	— 1,158	2,16	3,722	0,268	1,08
Liasboden	3,14	0,302	— 3,138	3,88	0,854	— 3,026	0,31	0,704	2,054	2,58
Rathsberg-Acker	3,160	0,692	— 2,468	3,538	1,488	— 2,054	0,55	1,562	1,536	1,63
Doggerboden	1,826	1,932	+ 0,106	1,154	1,342	+ 0,188	0,668	1,760	0,916	1,45
Flugsand	1,640	0,412	— 0,228	2,074	1,098	— 0,976	0,578	1,164	0,778	1,37
Stubensandstein	1,128	1,166	+ 0,038	1,764	1,130	0,434	0,85	1,098	0,672	1,91

Zur Beantwortung der dritten Frage wurden die bei der chemischen Analyse verbliebenen Bodenrückstände, welchen durch Anwendung der verdünnten Essigsäure und Salzsäure bereits die leicht löslichen Bestandtheile mit Einschluss der hydratischen Kieselsäure entzogen waren, denselben Absorptionsversuchen unterworfen und geschah die Chlorammoniumabsorption derselben unter folgenden Verhältnissen:

Tabelle VIa.

Absorption der Rückstände mit NH und Cl.

Auf 100 Gramm berechnet	NH_3	Cl	N
Plattenkalkboden	4,82 = 10,09 Cl	4,056	3,98
Liasboden	3,978 = 8,307 „	5,56	3,276
Doggerboden	3,86 = 8,036 „	3,06	3,180
Rathsberg-Acker	3,424 = 7,15 „	5,10	2,82
Flugsand	1,366 = 2,855 „	2,388	1,126
Stubensandstein	—	—	—

Mit Ausnahme des Flugsandes, welcher bei diesem Versuche dieselbe Absorptionshöhe erreichte wie bei den Absorptionen der ursprünglichen Bodenarten, und des Stubensandsteinbodens, dessen Absorptionskraft vollständig erschöpft war, absorbirten diese Bodenarten, ihrer löslichen Bestandtheile beraubt, mehr Ammoniak als wie im ursprünglichen Zustande.

Die Chlorabsorptionen, mit den früheren verglichen, weisen einige Schwankungen auf, sind aber im Allgemeinen hier energischer.

Eine kurze Uebersicht über die Vergleiche zwischen diesen Ammoniakabsorptionen und den vorhergehenden ist in folgender Tabelle gegeben:

Tabelle VIb.

Vergleich der Salmiak-Absorptionen der ursprünglichen Bodenarten mit denen der Rückstände.

Auf 100 Gramm berechnet	Ursprüngliche Bodenarten			Rückstände		
	NH_3	Cl	N	NH_3	Cl	N
Plattenkalkboden	2,428	4,808	2,006	4,82	4,056	3,98
Liasboden	2,364	3,284	1,984	3,978	5,56	3,276
Rathsberg-Acker	2,086	3,20	1,718	3,424	5,10	2,82
Doggerboden	1,584	3,214	1,304	3,86	3,06	3,18
Stubensandstein	1,522	3,016	1,254	·	—	—
Flugsand	1,356	2,54	1,118	1,366	2,388	1,126

Die nach Behandlung mit Essigsäure und Salzsäure erhaltenen Rückstände der Bodenarten zeigten bei der Absorption mit phosphorsaurem Kali nachstehende Verhältnisse:

Tabelle VIIa.

Absorption der Rückstände mit phosphorsaurem Kali.

Auf 100 Gramm berechnet	P_2O_5	K_2O
Liasboden	7,658 = 5,84 K_2O	6,56
Rathsberg-Acker	5,776 = 4,46 „	2,902
Plattenkalkboden	4,958 = 3,74 „	4,192
Stubensandboden	3,268 = 2,46 „	3,410
Doggerboden	2,914 = 2,20 „	1,830
Flugsand	1,838 = 1,38 „	1,584

Auch hier tritt die überraschende Thatsache zu Tage, dass diese Rückstände mehr Phosphorsäure und mehr Kali zu absorbiren vermochten, als wie die reinen Bodenarten.

Selbst der „Stubensandsteinboden", welcher durch den Verlust seiner löslichen Bestandtheile das Absorptionsvermögen für Ammoniak und Chlor verloren hatte, zeigt sich bei diesem Versuche wieder absorptionsfähig.

Die Kaliabsorption war eine hohe und entsprach im Durchschnitt ziemlich der absorbirten Phosphorsäure.

Die Durchschnittszahl des absorbirten Kalis ist = 3,34, und die des auf P_2O_5 berechneten Kalis = 3,412, somit nur eine kleine Differenz zwischen der absorbirten Phosphorsäure- und Kalimenge.

Ein Vergleich zwischen diesen Absorptionen und den früheren der reinen Bodenarten ergab Folgendes:

Tabelle VII b.

Vergleich der Phosphorsäure- und Kali-Absorption der ursprünglichen Bodenarten mit denen der Rückstände.

Auf 100 Gramm berechnet	Ursprüngliche Bodenarten		Rückstände	
	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O
Plattenkalkboden	4,514	3,514	4,958	4,192
Liasboden	3,88	3,44	7,658	6,56
Rathsberg-Acker	3,538	3,36	5,776	2,902
Flugsand	2,074	1,826	1,838	1,584
Stubensandstein	1,764	1,640	3,268	3,410
Doggerboden	1,154	2,866	2,914	1,830

Die Resultate dieser Vergleichstabellen lassen deutlich erkennen, dass alle Rückstände mit Ausnahme desjenigen des Flugsandes mehr Phosphorsäure und Kali und mit Ausnahme des Stubensandsteinrückstandes auch mehr Ammoniak und Chlor zu absorbiren im Stande waren als wie die ursprünglichen Bodenarten.

Um auch noch die Wechselwirkungen von Chlorammonium mit phosphorsaurem Kali und umgekehrt auf diese Rückstände

kennen zu lernen, wurden mit dem Ackerboden der Liasformation, der Ackererde vom Rathsberg und dem Flugsande, welche Rückstände schon zu den Salmiak- und phosphorsauren Kaliabsorptionen benützt waren, nach der früheren bereits erwähnten Methode Versuche angestellt.

Die Einwirkung von Chlorammonium auf die mit phosphorsaurem Kali bereits gesättigten Rückstände war folgende:

Tabelle VIIIa.

Einwirkung von Chlorammonium auf die mit phosphorsaurem Kali gesättigten Rückstände.

Auf 100 Gramm berechnet	Absorbirt			In Lösung gegangen resp. verdrängt	
	NH_3	Cl	N	P_2O_5	K_2O
Liasboden	3,98 = 7,31 Cl	5,56	3,28	0,872	0,58
Rathsberg-Acker	1,96 = 4,09 „	2,776	1,616	1,306	0,826
Flugsand	0,903 = 2,14 „	1,116	0,744	1,458	0,962

Ein Vergleich dieser Absorptionen mit denjenigen der ursprünglichen Bodenarten bestätigt, dass auch hier eine stärkere Absorption stattfand.

Der „Liasboden“, welcher im ursprünglichen Zustande am wenigsten Ammoniak bei der Gegenwart von phosphorsaurem Kali aufzunehmen vermochte, zeigt hier von den drei Bodenarten das stärkste Absorptionsvermögen.

Während bei den Versuchen mit den ursprünglichen Bodenarten sich der Verlust der absorbirten Phosphorsäure und des Kalis nach der Stärke der Ammoniakabsorption richteten, findet sich hier die Thatsache, dass mit der stärkeren Ammoniakabsorption nur eine schwache Verdrängung von Phosphorsäure und Kali sich verband, dagegen zeigte sich bei der geringeren Ammoniakabsorption ein stärkerer Verlust.

In der Tabelle VIIIb sind die Differenzen zwischen diesen Absorptionen und denjenigen der ursprünglichen Bodenarten angegeben.

Tabelle VIII b.

Vergleich der Salmiak-Absorption der ursprünglichen Bodenarten mit denen der Rückstände nach vorhergehender Behandlung mit phosphorsaurem Kali.

Auf 100 Gramm berechnet	Ursprüngliche Bodenarten							Rückstände						
	absorbirt			in Lösung gegangen resp. verdrängt		noch gebunden		absorbirt			in Lösung gegangen resp. verdrängt		noch gebunden	
	NH_3	Cl	N	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O	NH_3	Cl	N	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O
Flugsand	1,124	0,870	0,926	2,027	1,478	0,047	0,162	0,903	1,116	0,774	1,458	0,962	0,38	0,622
Rathsbg.-Acker	1,098	2,234	0,904	1,342	1,216	2,196	1,944	1,96	2,776	1,616	1,306	0,826	4,47	2,076
Liasboden	0,49	0,816	0,404	1,098	0,33	2,782	3,110	3,98	5,56	3,28	0,872	0,58	6,786	5,98

Der andere Theil dieser drei Rückstände, welcher bereits aus der Lösung von Chlorammonium Chlor und Ammoniak absorbirt hatte, wurde mit der Lösung von phosphorsaurem Kali zur weiteren Absorption übergossen. Hierbei fanden folgende Veränderungen statt:

Tabelle IX a.

Absorption von phosphorsaurem Kali nach vorhergehender Behandlung mit Chlorammonium.

Auf 100 Gramm berechnet	Absorbirt		In Lösung gegangen resp. verdrängt		
	P_2O_5	K_2O	NH_3	Cl	N
Liasboden	1,498 = 1,11 K_2O	1,576	0,888	1,998	0,732
Flugsand	1,31 = 0,9 „	1,19	0,69	1,806	0,574
Rathsberg-Acker	0,978 = 0,739 „	1,06	0,755	1,858	0,622

Durch diese Tabelle ist erwiesen, dass hier im Vergleich zu den ursprünglichen Bodenarten keine viel höheren Absorptionen von Phosphorsäure und Kali stattfanden, ja sogar der Acker vom Rathsberg zeigt ein geringeres Absorptionsvermögen wie früher und nimmt hier merkwürdiger Weise unter den drei Rückständen die niedrigste Stufe ein, während der Liasboden im Gegensatz zu früher obenansteht.

Auch hier wurden bei der Verdrängung des bereits absorbirten Chlors und Ammoniaks ähnliche Beobachtungen gemacht wie beim vorigen Versuche mit der Phosphorsäure. Ein Vergleichsbild ist in der Tabelle IX b. gegeben.

Tabelle IX b.

Vergleich der Phosphorsäure- und Kali-Absorption der ursprünglichen Bodenarten mit denen der Rückstände nach vorhergehender Behandlung mit Chlorammonium.

Auf 100 Gramm berechnet	Ursprüngliche Bodenarten								Rückstände							
	absorbirt		in Lösung gegangen resp. verdrängt			noch gebunden			absorbirt		in Lösung gegangen resp. verdrängt			noch gebunden		
	P_2O_5	K_2O	NH_3	Cl	N	NH_3	Cl	N	P_2O_5	K_2O	NH_3	Cl	N	NH_3	Cl	N
Rathsberg-Acker	1,488	0,692	0,55	1,562	0,453	1,536	1,638	1,265	0,97	1,06	0,755	1,853	0,622	2 669	3,242	2,198
Flugsand	1,098	0,412	0,578	1,164	0,476	0,748	1,376	0,642	1,31	1,19	0,69	1,806	0,574	0,676	0,582	0,552
Liasboden	0,854	0,302	0,31	0,704	0,256	2,054	2,58	1,692	1,498	1,576	0,888	1,998	0,732	3,09	3,562	2,544

Die bei diesen Versuchen erhaltenen Resultate gestatten folgende Schlussfolgerungen:

1. Bei den Absorptionserscheinungen von Chlor und Ammoniak einerseits und Phosphorsäure und Kali anderseits zeigt sich die interessante Thatsache, dass diejenigen Bodenarten, welche reich an in (1 %) Essigsäure und (10 %) Salzsäure löslichen Bestandtheile waren, energischer diese Pflanzennährstoffe absorbirten, als wie diejenigen, welche einen geringen Gehalt an in (1 %) Essigsäure und (10 %) Salzsäure löslichen Bestandtheilen besassen.

2. Interessant ist die Erscheinung, dass die an in (1 %) Essigsäure und (10 %) Salzsäure löslichen Bestandtheilen reichen Bodenarten dann, wenn sie mit einem Pflanzennährstoff, speciell Kali oder Ammoniak, gesättigt waren, ein stärkeres Absorptionsvermögen für einen weiteren Pflanzennährstoff an den Tag legten als wie jene, welche reicher an in Säuren löslichen Bestandtheilen sind.

   Diese Beobachtung wurde bei den Wechselwirkungen von Chlorammonium mit phosphorsaurem Kali gemacht und gleichzeitig festgestellt, dass immer durch den Eintritt des einen Nährstoffes in den Boden der andere theilweise aus demselben verdrängt wird. Das Gewicht des verdrängten Nährstoffes richtet sich ungefähr nach dem Gewichte des vom Boden neu aufgenommenen und findet diese Verdrängung in der Weise statt, dass Ammoniak das Kali und Chlor die Phosphorsäure oder umgekehrt verdrängen.

   Demnach zeigen die Versuche, dass das von einer Bodenart absorbirte Ammoniak durch gleiche Gewichtsmengen Kali, anderseits das einmal absorbirte Chlor durch gleiche Gewichtsmengen Phosphorsäure und umgekehrt verdrängt werden kann, dass dagegen diese gegenseitige Verdrängung nicht nach der Aequivalenz stattfindet.

3. Die Jurabodenarten, speciell der Lias- und der Plattenkalkboden (weisser Jura), zeigten entschieden das stärkste Absorptionsvermögen gegenüber den Keupersandböden.

4. Aus den Resultaten der Untersuchung einer mit 1 % Essigsäure hergestellten Lösung einer Bodenart lässt sich ein Schluss über den Werth desselben mit Hinblick auf die Absorptionsfähigkeit und auf allgemeine Fruchtbarkeit ziehen, da man einen Einblick in die Menge der vom Boden bereits absorbirten Stoffe erhält.

   Diese Schlüsse werden noch beweiskräftiger durch die Feststellung der Bestandtheile des Bodens, welche auch in 10 % Salzsäure löslich sind, sowie auch durch die Bestimmung der Gesammtmenge löslicher Kieselsäure.

5. Bei der Bestimmung der Bodenabsorption muss mit concentrirten Lösungen der Pflanzennährstoffe gearbeitet werden, um eine Aussättigung des Bodens zu erreichen.

   Es ist wünschenswerth, neben Chlorammoniumlösungen auch stets Lösungen von phosphorsaurem Alkali bei den Absorptionsversuchen anzuwenden, auch die Absorptionsversuche auf den in Säuren unlöslichen Rückstand der Bodenarten auszudehnen, der nur dann nicht mehr absorptionsfähig für Pflanzennährstoffe wird, wenn derselbe nur aus Quarzkörnern besteht.

6. Der Werth der Bestimmung der Sesquioxyde von Aluminium und Eisen, sowie der in Säuren löslichen Kieselsäure, für die Beurtheilung der Bodenabsorption sowie der Gesammtfruchtbarkeit eines Bodens, steht auch hier ausser allem Zweifel.

7. Bei der chemischen Bodenanalyse zum Zwecke der Beurtheilung der Fruchtbarkeit eines Bodens ist die vollkommene Analyse des Bodens nicht absolut nothwendig.

   Es dürfte vollkommen genügen, in der Feinerde festzustellen:

   a) die Mengen der in 1 % kalter Essigsäure löslichen Bestandtheile,

   b) die Mengen der in 10 % erwärmter Salzsäure löslichen Bestandtheile,

   c) die Mengen der in diesen Säuren löslichen Kieselsäure.

In den meisten Fällen, speciell für praktische Zwecke zum Zwecke der Beurtheilung des Werthes des Bodens, der Düngungsfrage, wird es genügen, nur die in Essigsäure löslichen Bestandtheile kennen zu lernen.

Tabelle X. Gesammt-

Auf 100 Gramm Feinerde berechnet	Absorption von Chlorammonium				Absorption von phosphorsaurem Kali				Absorption von nach vorhergehender Besaurem			
	Ursprüngliche Bodenarten		Rückstände derselben		Ursprüngliche Bodenarten		Rückstände derselben		Ursprüngliche Bodenarten			
									absorbirt		in Lösung gegangen resp. verdrängt	
	NH_3	Cl	NH_3	Cl	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	NH_3	Cl	K_2O	P_2O_5
Plattenkalkboden	2,428	4,808	4,82	4,056	3,504	4.514	4,192	4,958	1,516	2,05	0,843	1,61
Liasboden	2,364	3,284	3,978	5,56	3,44	3,88	6,56	7,658	0,49	0,816	0,33	1,098
Rathsberg-Acker	2,086	3,2	3,424	5,1	3,16	3,538	2,902	5,776	1,098	2,234	1,216	1,342
Doggerboden	1,584	3,214	3,86	3,06	1,826	1,45	1,83	2,914	1,588	3,138	1,078	1,464
Stubensandsteinboden	1,522	3,016	–	–	1,128	1,764	3,41	3,268	1,77	3,22	0,41	0,61
Flugsand	1,356	2,54	1,366	2,388	1,64	2,074	1,584	1,838	1,124	0,87	1,478	2,027

Absorptionen.

Chlorammonium handlung mit phosphor- Kali				Absorption von phosphorsaurem Kali nach vorhergehender Behandlung mit Chlorammonium							
Rückstände derselben				Ursprüngliche Bodenarten				Rückstände derselben			
absorbirt		in Lösung gegangen resp. verdrängt		absorbirt		in Lösung gegangen resp. verdrängt		absorbirt		in Lösung gegangen resp. verdrängt	
NH_3	Cl	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	NH_3	Cl	K_2O	P_2O_5	NH_3	Cl
–				3,44	3,356	2,16	3,721	—	—	-	—
3.98	5,56	0,58	0,872	0,32	0,854	0,31	0,704	1,576	1,49	0,88	1,9 98
1,96	2,776	0,826	1,306	0,692	1,488	0,55	1,562	1,06	0,978	0,755	1,858
—	—	—	—	1,932	1,342	0,668	1,76	—	—	—	—
-	—	—	—	1,166	1,13	0,85	1,098	—	—	—	—
0,903	1,116	0,062	1,458	0,412	1,098	0,578	1,164	1,19	1,31	0,69	1.806

Tabelle I.

Absorption der ursprünglichen Bodenarten mit Chlorammonium.

Auf 100 Gramm Feinerde berechnet	Absorbirt			In Lösung geblieben		
	NH_3	Cl	N	NH_3	Cl	N
Flugsand	1,350	2,540	1,118	5,036	10,88	4,142
Stubensandsteinboden	1,522	3,016	1,254	4,864	10,324	4,006
Rathsberg-Acker	2,086	3,20	1,718	4,30	10,14	3,542
Liasboden	2,364	3,284	1,948	4,022	10,056	3,312
Doggerboden	1,584	3,214	1,304	4,902	10,126	3,956
Plattenkalkboden	2,428	4,808	2,606	3,958	8,532	3,254

Tabelle II.

Absorption der ursprünglichen Bodenarten mit phosphorsaurem Kali.

Auf 100 Gramm Feinerde berechnet	Absorbirt		In Lösung geblieben	
	K_2O	P_2O_5	K_2O_5	P_2O_5
Flugsand	1,826	2,074	6,384	8,784
Stubensandsteinboden	1,640	1,764	6,57	9,094
Rathsberg-Acker	3,16	3,538	5,05	7,32
Liasboden	3,44	3,88	4,77	6,978
Doggerboden	1,128	1,154	7,082	9,704
Plattenkalkboden	3,504	4,514	4,706	6,344

Tabelle III.

Absorption der ursprünglichen Bodenarten mit Chlorammonium nach vorhergehender Behandlung mit phosphorsaurem Kali.

Auf 100 Gramm Feinerde berechnet	Absorbirt			In Lösung geblieben				
	NH_3	Cl	N	NH_3	Cl	N	K_2O	P_2O_5
Flugsand	1,124	1,87	0,926	5,262	11,47	4,334	1,478	2,027
Stubensandsteinboden	1,77	3,322	1,458	4,616	10,018	3,802	0,41	0,61
Rathsberg-Acker	1,098	2,234	0,904	5,288	11,106	4,356	1,216	1,342
Liasboden	0,49	0,816	0,404	5,896	12,524	4,856	0,33	1,098
Doggerboden	1,588	3,138	1,307	4,798	10,202	3,953	1,078	1,464
Plattenkalkboden	1,516	2,05	1,25	4,87	11,29	4,01	0,843	1,61

Tabelle IV.

Absorption der ursprünglichen Bodenarten mit phosphorsaurem Kali nach vorhergehender Behandlung mit Chlorammonium.

Auf 100 Gramm Feinerde berechnet	Absorbirt		In Lösung geblieben				
	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	NH_3	Cl	N
Flugsand	0,412	1,098	7,798	9,76	0,578	1,164	0,476
Stubensandsteinboden	1,166	1,130	7,044	9,728	0,850	1,098	0,702
Rathsberg-Acker	0,692	1,488	7,518	9,37	0,55	1,562	0,453
Liasboden	0,302	0,854	7,908	10,004	0,31	0,704	0,256
Doggerboden	1,932	1,342	6,278	9,516	0,668	1,766	0,552
Plattenkalkboden	3,44	3,356	4,77	7,502	2,16	3,722	1,78

Tabelle V.

Absorptionen der Rückstände.

Auf 100 Gramm Feinerde berechnet	Mit Chlorammonium						Mit phosphorsaurem Kali			
	absorbirt			in Lösung geblieben			absorbirt		in Lösung geblieben	
	NH_3	Cl	N	NH_3	Cl	N	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5
Flugsand	1,366	2,383	1,126	5,02	10,957	4,134	1,584	1,838	6,626	9,02
Stubensandsteinboden	—	—	—	6,386	13,36	5,26	3,41	3,268	4,80	7,59
Rathsberg-Acker	3,424	5,10	2,82	2,962	8,24	2,44	2,902	5,776	5,308	5,082
Liasboden	3,978	5,56	3,276	2,408	7,78	1,984	6,56	7,658	1,65	3,20
Doggerboden	3,86	3,06	3,18	2,526	10,28	2,08	1,83	2,914	6,38	7,944
Plattenkalkboden	4,82	4,056	3,98	1,566	9,284	1,28	5,192	4,958	4,018	5,90

Tabelle VI.

Absorptionen der Rückstände mit wechselnden Lösungen.

Auf 100 Gramm Feinerde berechnet	Mit Chlorammonium nach vorhergehender Behandlung mit phosphorsaurem Kali								Mit phophorsaurem Kali nach vorhergehender Behandlung mit Chlorammonium					
	absorbirt			in Lösung geblieben					absorbirt		in Lösung geblieben			
	NH_3	Cl	N	NH_3	Cl	N	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	NH_3	Cl	N
Flugsand	0,903	1,116	0,744	5,483	12,224	4,516	0,962	1,458	1,19	1,31	7,02	9,518	0,69	1,806	0,574
Rothsberg-Acker	1,96	2,776	1,616	4,426	10,564	3,644	0,826	1,306	1,06	0,978	7,15	9,88	0,755	1,858	0,622
Liasboden	3,98	5,56	3,28	2,406	7,78	1,93	0,58	0,872	1,576	1,498	6,634	9,36	0,888	1,998	0,732